Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 27- 37

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۳۷-۲۷

بهینه‌سازی پارامترهای عملیاتی دیگ پخت در حین استخراج روغن و تولید کنجاله آفتاب‌گردان در مقیاس صنعتی

حمید بخش آبادی*[1]، محمد رستمی[2]، معصومه مقیمی[3]، ابوالفضل بوژ مهرانی[2]، انه بی بی بهلکه[4]، نگار تورانی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۶

چکیده

مرسوم‌ترین روش‌های استخراج روغن از دانه‌های روغنی، استفاده از پرس و حلال می‌باشد. در پژوهش حاضر، تاثیر درجه حرارت پخت (۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت (۷، ۷/۵ و ۸ درصد) بر برخی از خصوصیات شیمیایی روغن آفتاب‌گردان از جمله میزان مواد ریز نامحلول در روغن، اسیدیته، میزان رطوبت، پروتئین و روغن کنجاله بررسی شد. تجزیه و تحلیل آماری و بهینه‌سازی فرایند به روش سطح پاسخ انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش درجه حرارت پخت میزان مواد ریز نامحلول و اسیدیته روغن افزایش ولی میزان رطوبت و روغن در کنجاله کاهش یافت. با افزایش میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت از میزان مواد ریز نامحلول روغن کاسته ولی بر میزان اسیدیته روغن افزوده شد. با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرایند می‌توان بیان نمود که اعمال شرایط دمایی در حدود ۷۰ سانتی‌گراد و با رطوبت ۷/۷۳ و ۷/۶۵ درصد دانه‌های خروجی از دیگ پخت منجر به تولید محصولی با حداقل میزان اسیدیته و مواد ریز نامحلول در روغن و کنجاله‌ایی با کمترین میزان روغن گردید.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، پارامترهای عملیاتی، دیگ پخت، روغن آفتاب‌گردان، مقیاس صنعتی

مقدمه

استفاده از دانه‌های روغنی در مصارف غذایی انسان‌ها و استفاده از کنجاله آن‌ها برای غذای دام و نیز کاربرد در داروسازی، صابون‌سازی و سوخت باعث شده تا هم کشاورزان علاقه زیادی به کشت آن‌ها داشته باشند و هم اینکه دولت‌ها از کشت آن‌ها حمایت کنند (باقری، ۱۳۹۲). در این میان آفتاب‌گردان یکی از عمده‌ترین دانههای روغنی در جهان می‌باشد که به دلیل مناسب بودن نیازهای زراعی، عملکرد بالای روغن، بالا بودن ارزش غذایی و فقدان عوامل ضدتغذیه‌ای، سطح زیر کشت آن افزایش یافته است (Kazi *et al.*, 2002). آفتاب‌گردان با نام علمی *Helianthus annuus* گیاهی یک‌ساله و از خانواده گل‌ستاره‌ای‌ها است. این گیاه دولپه‌ایی بوده و دارای یک پایه دگرگشن است که باروری آن به کمک باد و حشرات انجام می‌گیرد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

روغن دانه آفتاب‌گردان دارای کیفیت بسیار عالی برای نیازهای تغذیه‌ای است به طوری‌که در سال‌های اخیر رقم‌های زراعی با درصد روغن بالاو مخصوصا دارای اسید اولئیک بالا نقش مهمی در پرورش گیاه این محصول داشته است (Gupta and Prakash, 1992). دانه‌های آفتاب‌گردان در حدود ۴۰ درصد روغن دارند که ۱۵ درصد از اسیدهای چرب آن اشباع و ۸۵ درصد آن غیراشباع هستند، همچنین این روغن دارای بالاترین مقدار آلفا توکوفرول در بین روغن‌های خوراکی معمول می باشد (مالک، ۱۳۷۹). مرسوم‌ترین روش‌های استخراج روغن از دانههای روغنی، استفاده از پرس و حلال می‌باشد که موثرترین روش استخراج روغن آفتاب‌گردان، مانند سایر دانه‌های با درصد روغن بالا نظیر کلزا، پرس مکانیکی و به دنبال آن استخراج با حلال می‌باشد که پرس در حدود ۶۰ درصد و استخراج با حلال مابقی روغن آن را خارج می‌کند (Savoire *et al.*, 2013). هگزان به دلایل اقتصادی و عملی عمده‌ترین حلاّل مورد استفاده در استخراج روغن از دانه‌های روغنی مختلف نظیر سویا،آفتاب‌گردان وکتان به‌شمار می‌رود. هگزان بازده بسیار بالایی در استخراج روغن از دانه‌های روغنی دارد (Singh *et al.*, 2008).

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲- عضو هیات مدیره شرکت پنبه و دانه‌های روغنی خراسان.
۳- استادیار، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گنبد کاووس.
۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گنبد کاووس.
(* - نویسنده مسئول: Email: h.bakhshabadi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.53025

روش سطح پاسخ[1] (RSM) وسیله‌ای آماری مفید و شناخته شده‌ای جهت بهینه‌سازی و مدل‌سازی فرآیندهاست (Glaucia *et al.*, 2012). این روش مجموعه‌ای ازتکنیک‌های آماری است که در مدل‌سازی و بهینه‌سازی فرآیندهایی بکار می‌رود که پاسخ مورد نظرتوسط چندین متغییرتحت تاثیر قرار می‌گیرد (Manivannan and Rajasimman, 2008). تلاش‌های زیادی به‌منظور بهبود کارآیی استخراج روغن و بهبود خواص فیزیکوشیمیایی آن از طریق پرس، صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به پیش تیمارهایی مانند پوست‌گیری، کاهش ذرات، شکستن، خرد کردن، تیمار حرارتی و هیدرولیز آنزیمی به‌منظور ناپایدارسازی دیواره‌های سلولی برای استخراج بهینه روغن، اشاره نمود (Singh *et al.*, 2008). پارامترهای مختلفی بر خواص کمی و کیفی روغن و کنجاله حاصل از دانه‌های روغنی اثرگذار است. بدین منظور Rostami و همکاران (۲۰۱۴) به‌منظور یافتن بهترین شرایط استخراج روغن از دانه‌های کنجد، درجه حرارت دیگ پخت و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت را تنظیم نمودند و بیان داشتند که با افزایش درجه حرارت مرحله پخت میزان مواد جامد نامحلول در روغن، افزایش می‌یابد. Priorو همکاران (۱۹۹۱) با بررسی اثر حرارت بر کیفیت روغن کلزای استخراج شده، اعلام کردند که افزایش دما منجر به افزایش میزان اسیدیته روغن می‌شود و استخراج روغن در دماهای پایین سبب بهبود کیفیت روغن می‌گردد. محققین دیگری به بررسی پارامترهای موثر بر استخراج روغن از دانه کنجد توسط روش استخراج با حلال فوق بحرانی پرداختند، آنها بیان داشتند، برای دستیابی به حداکثر راندمان باید فشار و دمای فرایند را به ترتیب روی ۲۷۶ بار و ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد تنظیم نمود (Odabas and Balaban, 2002). با توجه به اینکه تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در زمینهٔ بهینه نمودن استخراج روغن از دانه‌های آفتاب‌گردان در مقیاس صنعتی صورت نگرفته است به همین دلیل در پژوهش حاضر سعی شد که تاثیر پارامترهای موثر در دیگ پخت بر خصوصیات روغن و کنجاله حاصل از آن مورد بررسی قرار داده شود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

دانه‌های آفتاب‌گردان مورد استفاده در این تحقیق از استان گلستان، شهرستان گرگان تهیه و برای انجام تحقیق و استخراج روغن به شرکت پنبه و دانه‌های روغنی خراسان شهرستان نیشابور (یکی از مجهزترین کارخانه‌های روغن‌کشی در ایران) انتقال یافتند. مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق شامل: هگزان، سود ۰/۱ نرمال و فنل‌فتالئین و تجهیزات مورد استفاده شامل: دسیکاتور، آون آزمایشگاهی (M-120-VF، انگلستان)، ترازوی دیجیتال (GecAvery، ساخت انگلستان)، سانتریفوژ (Thermo، ژاپن) و سوکسله بودند.

استخراج روغن

دانه‌های روغنی بعد از ورود به کارخانه، وارد سیلوهای نگهداری که به شکل کندو می‌باشند، شده و قبل از ورود به مرحله فرآوری، مواد زائد آن از قبیل خار و خاشاک، سنگ و سایر مواد دیگر توسط بوجاری جداسازی شدند. بعد از تمیزکردن، دانه‌ها وارد کراکر گردید و به ذراتی با اندازه کوچکتر تبدیل و سپس از آنجا وارد دیگ پخت دو جداره شدند. در این مرحله دما و رطوبت دیگ طوری تنظیم گردید که محصول خروجی دارای سه دمای ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد و دانه‌های خروجی در هر دما دارای رطوبت ۷، ۷/۵ و ۸ درصدی باشند، لازم به ذکر است که دانه ها برای مدت ۹۰ دقیقه در دیگ پخت قرار گرفتند. در این مرحله با استفاده از دماسنج‌های الکترونیکی دمای پخت به دقت بررسی شد. سپس دانه‌های حرارت دیده به صورت پرک در آمده و روغن آنها در دستگاه پرس حلزونی گرفته شد. مقدار روغن موجود در دانه از حدود ۴۱ درصد به ۲۰-۱۶ درصد کاهش یافت. کیک پرس خروجی دستگاه به مرحله استخراج با حلال (شرایط دمایی ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد و برای ۷ ساعت) فرستاده شد و مابقی روغن کیک پرس با اضافه کردن حلال هگزان به آن گرفته شد. خروجی استخراج کننده، میسلا (مخلوط روغن- حلال) و کنجاله می‌باشد که برای خروج ذرات ریز، میسلا از یک صافی عبور کرده و سپس حلال‌زدایی (برای خارج شدن حلال از میسلا از یک تبخیر کننده دو مرحله ای استفاده شد که بعد از آن در یک ستون تقطیر تحت خلاء با فشار معادل ۷۱۱-۵۹۹ میلی‌متر جیوه که با تزریق بخار زنده به داخل روغن این عمل کامل شد) می‌شود. کنجاله نیز در دستگاه حلال‌زدا- برشته‌کن[2] (شرایط دمایی ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد، برای ۱۵ دقیقه و ۱۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد برای۲۰ دقیقه)، حلال‌زدایی گردید (Bamgboye and Adejumo, 2007, Kurki *et al.*, 2008). استخراج‌کننده مورد استفاده، استخراج‌کننده‌های داسمیت بود که نوعی استخراج‌کننده افقی با جریان ناهمسو حلال و کیک پرس است. برای نمونه‌برداری از روغن از شیرهای تعبیه شده در طول مسیر استفاده گردید و برای کنجاله از قسمت‌های مختلف انبار به صورت تصادفی نمونه‌برداری و بعد از اختلاط آن‌ها نمونه آماده شد و آزمایشات ذیل روی روغن و کنجاله حاصل صورت پذیرفت.

1 Response Surface Methodology

2 Desloventizer - Toaster

میزان رطوبت

اندازه‌گیری رطوبت بـر طبـق روش ۱۵-۴۴ AOAC، ۳ گـرم از نمونه در ظروفی که قبلا در آون به وزن ثابت رسیده بودنـد، تـوزین شد. سپس در آون با دمای۳ ±۱۰۰ درجه سانتی‌گراد بـه مـدت ۵-۳ ساعت خشک گردید که پس از سرد شدن در دسیکاتور و با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد .

$$\text{درصد رطوبت} = ((W_1-W_2)/M) \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

در معادله ۱، W_1 وزن اولیه ظرف خالی به همراه نمونـه قبـل از خشک کردن، W_2 وزن ظرف و نمونه بعد از خشک کردن و m بیانگر وزن نمونه می‌باشد.

اسیدیته روغن

برای تعیین اسیدیته روغـن از روش AOCS Cd 3–63 (۱۹۹۳) استفاده شد و نتایج بر حسب درصد اسید اولئیک گزارش شد.

میزان مواد ریز نامحلول در روغن (لرد روغن)

روغن استخراج شده دارای مقداری مواد جامد ریز است که باید از روغن جدا شود. این عمل در تانک‌های ته نشینی انجام و مـواد ریـز بصـورت لـرد در انتهـای تانـک جمـع و روغـن صـاف مـی‌شـود (Bamgboye and Adejumo, 2007). برای اندازه‌گیری میزان مواد ریز نـامحلول در روغـن، ۱۰ میلـی‌لیتـر روغـن بـه درون لولـه‌هـای سانتریفوژ ریخته شد و سپس با سانتریفوژی با سـرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه همزده شد و در نهایت ده برابر میزان مواد ته نشین شده درون لوله برحسب درصد مواد ریز نامحلول در روغـن یـا لرد بیان شد (Rostami *et al*., 2014).

میزان روغن کنجاله

مقدار روغـن کنجالـه بـر اسـاس روش ۲۳-۹۹۲ AOAC و بـا استفاده از حلال هگزان به مدت ۶ ساعت توسـط دسـتگاه سوکسـله تعیین شد.

تعیین میزان پروتئین

میزان ازت در کنجاله با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک و بر اساس روش ۹۸۱ .۱۰ AOAC اندازه‌گیری شد کـه شـامل سـه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود و با اسـتفاده از ضـریب تبـدیل ۶/۲۵، میزان پروتئین محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

روش‌شناسی سطح پاسخ، با استفاده از یـک طـرح چـرخش‌پـذیر مرکب مرکزی برای ارزیابی پارامترهای ثابت مطالعه، درجـه حـرارت دیگ پخت (x_1) و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخـت (x_2)، بـر میزان اسیدیته و میزان مواد ریز نامحلول در روغن، میـزان پـروتئین، روغن و رطوبت کنجاله، به‌عنوان پارامترهای متغیر، مورد استفاده قرار گرفت. به کمک این طرح کلیه ضرایب مدل رگرسـیون درجـه دوم و اثر متقابل فاکتورها قابل بـرآورد هسـتند. مهمتـرین مسـئله در ایـن تحقیق بررسی اثر متقابل فاکتورها و یـافتن بهتـرین شـرایط فرآینـد استخراج روغن بود از این‌رو طرح آماری سطح پاسخ انتخاب گردیـد. توابع پاسخ (Y) در مورد پارامترهای اندازه‌گیـری شـده بـا اسـتفاده از مدل‌های خطی (معادله ۲)، جمله‌ای ساده (معادله ۳)، چنـد جملـه‌ای درجه دوم (معادله ۴) و چند جملـه‌ای درجـه سـوم (معادلـه ۵) مـورد بررسی قرار گرفتند.

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \qquad (۲)$$

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1.x_2 \qquad (۳)$$

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1.x_2 \qquad (۴)$$

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1.x_2 + b_{111}x_1^3 + b_{222}x_2^3 + b_{112}x_1^2.x_2 + b_{122}x_1x_2^2 \qquad (۵)$$

که در آنها b_0، عرض از مبدا، b_1و b_2، ضرایب اثرات اصلی، b_{11} و b_{22}، ضرایب اثرات درجه دوم و b_{12}، ضـریب اثـر متقابـل متغیرهـای ثابت، b_{111} و b_{222}، ضرایب اثرات درجه سوم، b_{112}، اثر متقابـل درجـه دوم متغیر درجه حرارت دیگ پخت و ساده رطوبت دانه‌های خروجـی از دیگ پخت و b_{122}، اثر متقابل ساده متغیر درجه حرارت دیگ پخت و درجه دوم متغیر رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت می‌باشـند. آنالیز آماری توسط نرم افزار Design Expert نسخه 6.0.2 صـورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی روند تغییرات اسیدیته روغن

کمتـرین مقـدار اسـیدیته روغـن کـه بـر حسـب اسـید اولئیـک اندازه‌گیری شد تحت شرایطی بدست آمد که درجه حرارت دیگ پخت و رطوبت دانه‌هـای خروجـی از آن کمتـرین مقـدار خـود را داشـتند. همانطور که در شکل ۱ مشخص است افزایش دما از ۷۰ به ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد، باعث افزایش اسیدیته روغـن بـا سـرعت ثـابتی گردیـد. افزایش رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت از ۷ تـا ۸ درصـد بـه علت تشدید واکنش‌های لیپولیز باعث افزایش اسیدیته روغـن گردیـد که تاثیر میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیـگ پخـت بـر میـزان اسیدیته روغن کمتر از تاثیر درجه حرارت بر میزان اسـیدیته بـود. بـا توجه به تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده، مشخص گردیـد کـه تغییرات درجه حرارت دیگ پخت بیشـترین اثرگـذاری را در تغییـرات میزان اسیدیته روغن دارا بود که این افزایش میزان اسیدیته با افزایش

درجه حرارت، به اثر تجزیه شیمیایی تری‌گلیسریدها و بالا رفتن میزان اسیدهای چرب آزاد مربوط می‌شود (شکل ۱).

جدول ۱- انتخاب مدل برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

مدل‌ها	اسیدیته روغن (درصد اسید اولئیک)		مواد ریز نامحلول در روغن (٪)		پروتئین کنجاله (٪)		روغن کنجاله (٪)		رطوبت کنجاله (٪)	
	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال	مجموع مربعات	سطح احتمال
عرض از مبدا	۵۵/۳۳		۱۲۰/۹۹		۹۰۹۲		۹/۶۸		۱۵۷۷	
مدل خطی	۱/۴۹	۰/۰۱	۶/۶۸	۰/۰۰۰۱>	۱۸۵/۲۱	۰/۰۰۱	۰/۱۸	۰/۰۰۰۱>	۱۷/۶۴	۰/۰۰۰۱>
چندجمله‌ای	۰/۰۱۶	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۸۷۶	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰۰۹	۰/۲۴	۰/۰۶۲	۰/۲۶
چندجمله‌ای درجه دوم	۰/۰۰۳	۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۶۵۴۰	۷/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۷۶	۰/۰۱۲	۰/۲۹
چندجمله‌ای درجه سوم	۰/۰۰۶	۰/۲۳	۰/۰۴۲	۰/۸۵	۱/۸۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۲۱	۰/۳۱
باقیمانده	۰/۰۰۷		۰/۶۱		۰/۱۹		۰/۰۰۰۵		۰/۰۶۸	
کل	۵۶/۸۶		۱۲۸/۵۶		۹۲۸۷		۹/۸۷		۱۵۹۵	

جدول ۲- آنالیز واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده

		Model	A	B	A2	B2	AB	باقیمانده	فقدان برازش	خطای خالص	مجموع‌مربعات‌کل
	درجه آزادی	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۷	۳	۴	۱۲
اسیدیته (درصد اسید اولئیک)	سطح احتمال	۰/۰۱>‏	۰/۰۱>	۰/۰۱>	–	-	۰/۰۱۹		۰/۴۸		
	مجموع مربعات	۱/۵۱	۱/۲۳	۰/۰۲۶	–	-	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱۸	۰/۰۱	$۷/۴۸ \times ۱۰^{-۵}$	۱/۵۳
	ضریب	۲/۰۶	۰/۴۵	۰/۲۱	–	-	۰/۰۶۳				
مواد ریز نامحلول در روغن (٪)	سطح احتمال	۰/۰۱>	۰/۰۱>	۰/۰۱	–	–	–		۰/۸۶		
	مجموع مربعات	۶/۶۸	۵/۸۰	۰/۸۸	–	–	–	۰/۸۹	۰/۳۲	۰/۵۷	۷/۵۷
	ضریب	۳/۰۵	۰/۹۸	–۰/۳۸	–	–	–				
پروتئین کنجاله (٪)	سطح احتمال	۰/۰۱>	۰/۰۱>	۰/۰۱>	۰/۰۱>	۰/۳۸	۱/۰۰		۰/۱۱۷		
	مجموع مربعات	۱۹۲/۸۱	۱۶۸/۵۴	۱۶/۶۷	۵/۳۹	۰/۰۲۴	۰/۰۰	۲	۱/۸۴	۰/۱۶	۱۹۴/۸۱
	ضریب	۲۷/۲۳	–۵/۳۰	–۱/۶۷	–۱/۴۰	–۰/۳۰	۰/۰۰				
روغن کنجاله (٪)	سطح احتمال	۰/۰۱>	۰/۰۱>	۰/۰۱>	–	–	–		۰/۳۰۷		
	مجموع مربعات	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۰۲۷	–	-	–	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	$۵/۲ \times ۱۰^{-۴}$	۰/۱۹
	ضریب	۰/۸۶	–۰/۱۶	–۰/۰۶۷	–	-	–				
رطوبت کنجاله (٪)	سطح احتمال	۰/۰۱>	۰/۰۱>	۰/۰۱>	-	–	–		۰/۱۰۸		
	مجموع مربعات	۱۷/۶۴	۱۴/۴۲	۳/۲۳	-	–	–	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۰۶۸	۱۸/۱۰
	ضریب	۱۱/۰۲	–۱/۵۵	۰/۷۳	-	–	–				

آنزیم‌های لیپولیتیک درست در زیر پوسته نازک دانه واقع شده‌اند و در سلول‌های صدمه ندیده قادر نخواهند بود به چربی‌ها حمله کنند اما از آنجایی که دماهای بالا، باعث ایجاد تغییرات فیزیکی در سلول می‌شود این آنزیم‌ها فعالیت خود را آغاز می‌نمایند (Ghavami *et al*, 2003.; Grosch *et al,* 1983). نتایج این بخش با نتایج Boselli و همکاران (۲۰۰۹) که بیان داشته بودند با افزایش درجه حرارت میزان اسیدیته روغن افزایش می‌یابد، مطابقت داشت.

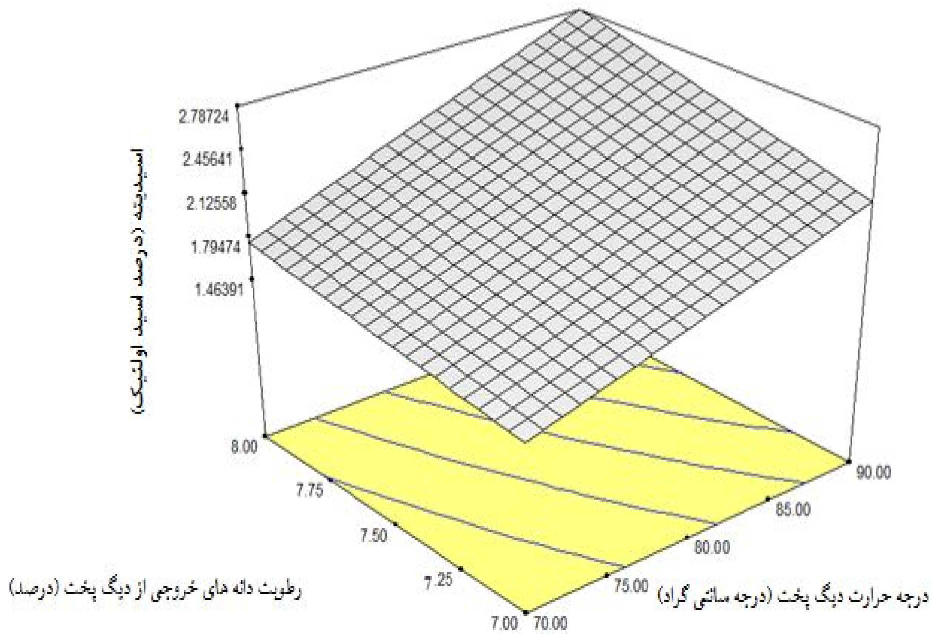
معادله ۱ ارائه شده در جدول ۳ بیانگر کم‌بودن اثر متقابل درجه حرارت دیگ پخت و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت بر میزان اسیدیته روغن بوده است در حالی‌که اثر مستقل میزان رطوبت دانه‌های خروجی اثر میانه‌ای بر افزایش اسیدیته داشت.

بررسی روند تغییرات میزان مواد ریز نامحلول در روغن

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری بیان‌گر معنی‌دار

بودن اثرات درجه حرارت پخت و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت بر میزان مواد ریز نامحلول در روغن بود. نتایج نشان داد که با افزایش دمای پخت از ۷۰ به ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد در مورد دانه‌های خروجی از دیگ که رطوبتی بین ۷ تا ۸ درصد داشتند، باعث افزایش میزان مواد ریز نامحلول در روغن به علت تخریب بیشتر دانه‌ها و ورود آن‌ها به درون روغن شد.

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، میزان مواد ریز نامحلول در روغن استحصالی، در دانه‌های خروجی از دیگ که دارای رطوبت بیشتری بودند، کمتر از دانه‌های با رطوبت پایین‌تر بوده است. به‌عبارتی با افزایش رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت و هم‌چنین کاهش درجه حرارت پخت، مقدار مواد ریز نامحلول در روغن کاهش یافت بگونه‌ای که بیشترین میزان مواد ریز نامحلول در روغن استخراجی از دانه‌هایی که دمای بکار رفته در مرحله پخت آنها، ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد و میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ ۷ درصد بود، مشاهده شد. هم‌چنین با بررسی روند تغییرات میزان مواد ریز نامحلول در روغن در برابر تغییرات رطوبت دانهٔ خروجی از دیگ و دمای پخت، مدل شماره ۲ در جدول ۳ ارائه گردید که در آن بیشترین اثر بر میزان مواد ریز نامحلول در روغن به تغییرات خطی درجه حرارت دیگ پخت مربوط بود. نتایج این بخش با نتایج Rostami و همکاران (۲۰۱۴) کاملا تطابق داشت.

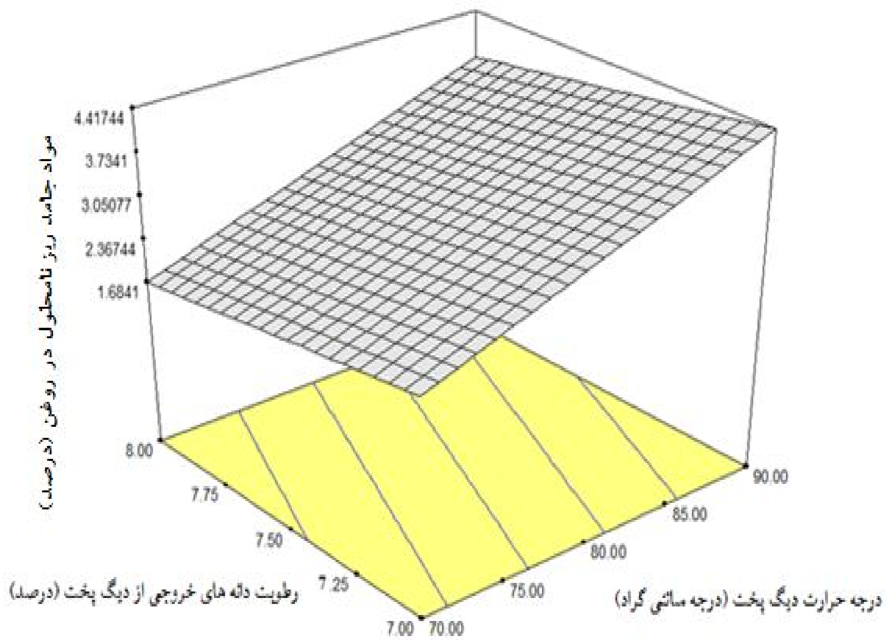


شکل ۱ – نمودار سه‌بعدی تغییرات میزان اسیدیته روغن تحت تاثیر درجه حرارت پخت و میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت

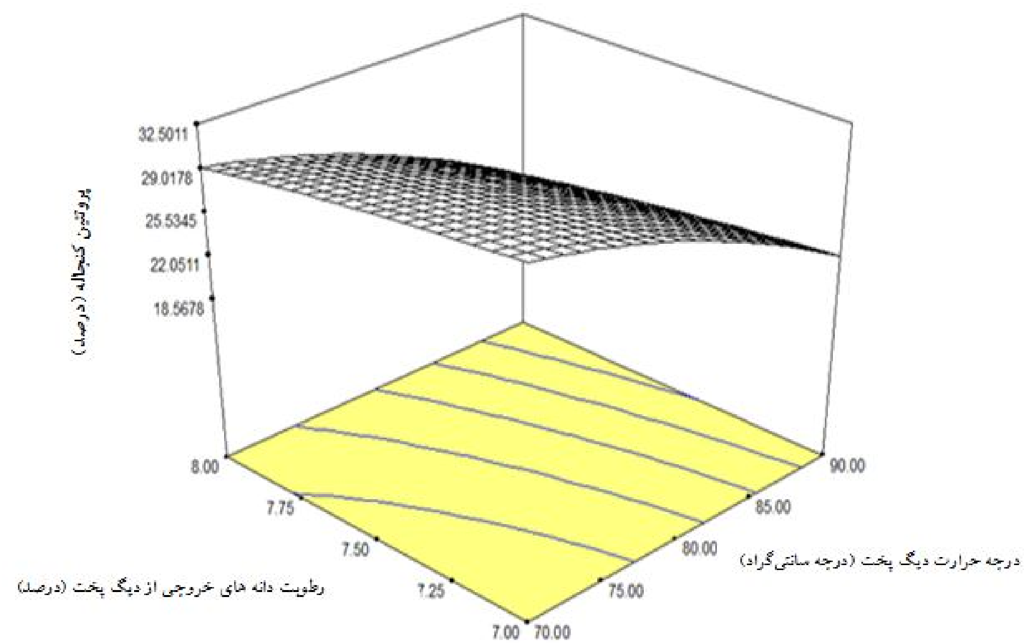
بررسی روند تغییرات میزان پروتئین کنجاله

پروتئین و رطوبت دو فاکتور مهم مورد ارزیابی در هنگام خرید کنجاله‌های صنعتی در بازار می‌باشند. نتایج نشان داد که با افزایش درجه حرارت دیگ پخت، میزان پروتئین نهایی کنجاله کاهش یافت. افزایش رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت نیز منجر به کاهش میزان پروتئین کنجاله‌ها شد. در جدول ۳ (مدل ۳)، مدل نهایی ارائه شده برای میزان پروتئین کنجاله بدست آمده حاکی از اثرگذاری بیشتر متغییر خطی درجه‌حرارت دیگ پخت بود. رشد سریع جمعیّت، محدودیت منابع تأمین موادغذایی و افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی جدید و ارزان با خصوصیّات عملکردی مطلوب، توجه دانشمندان را به منابع پروتئینی گیاهی خصوصاً دانه‌های روغنی، سبوس برنج، یونجه، نخود فرنگی، گردو و... معطوف داشته است (Ghodsvali *et al*., 2005).

حرارت‌های دیگ پخت اثر کمتری بر روغن باقیمانده در کنجاله نهایی داشت بگونه‌ایی که با افزایش میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت میزان روغن در کنجاله‌ها به میزان بسیار جزئی کاهش یافت. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد، افزایش درجه حرارت دیگ پخت در تمامی رطوبت‌های مورد مطالعه باعث کاهش چشمگیر و محسوس روغن کنجاله شده است. افزایش دما به علت کاهش ویسکوزیته حلال و همچنین افزایش انرژی جنبشی، نفوذ حلال را به داخل دانه‌ها افزایش می‌دهد و سرعت استخراج را بالا می‌برد. ا



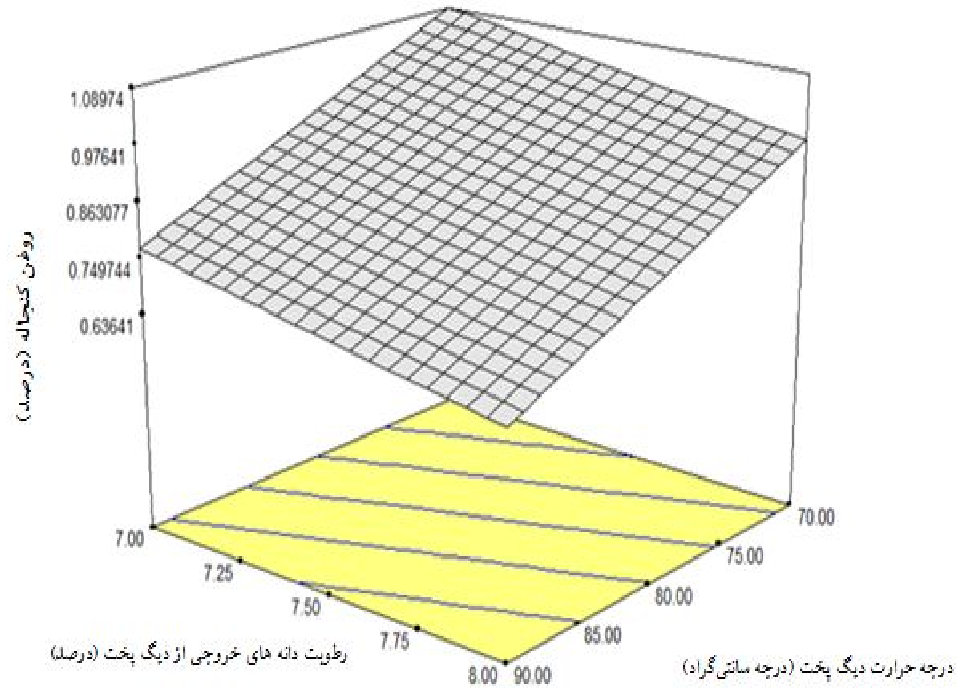
شکل ۲ - نمودار سه‌بعدی تغییرات میزان مواد ریز نامحلول در روغن تحت تاثیر درجه حرارت پخت و میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت



شکل ۳- نمودار سه‌بعدی تغییرات میزان پروتئین کنجاله تحت تاثیر درجه حرارت پخت و میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت

بررسی روند تغییرات میزان روغن کنجاله

افزایش رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت در تمامی درجه افزایش دما ممکن است سبب باز شدن دیواره سلولی شود که نتیجه آن در دسترس بودن ترکیبات برای افزایش استخراج می‌باشد در نتیجه میزان بیشتری روغن از دانه گرفته شده و روغن کمتری در کنجاله باقی می‌ماند (Pan *et al*., 2000). بیشترین میزان روغن موجود در کنجاله در شرایطی بدست آمد که میزان درجه حرارت دیگ پخت ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ ۷ درصد بود. مدل پیشنهادی برای میزان روغن باقیمانده در کنجاله در جدول ۳ ارائه شده است که در آن درجه حرارت دیگ بخت بصورت خطی بیشترین اثر را بر میزان روغن موجود در کنجاله به همراه داشت (جدول۳).



شکل ٤ – نمودار سه بعدی تغییرات میزان روغن کنجاله تحت تاثیر درجه حرارت پخت و میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت

بررسی روند تغییرات میزان رطوبت کنجاله

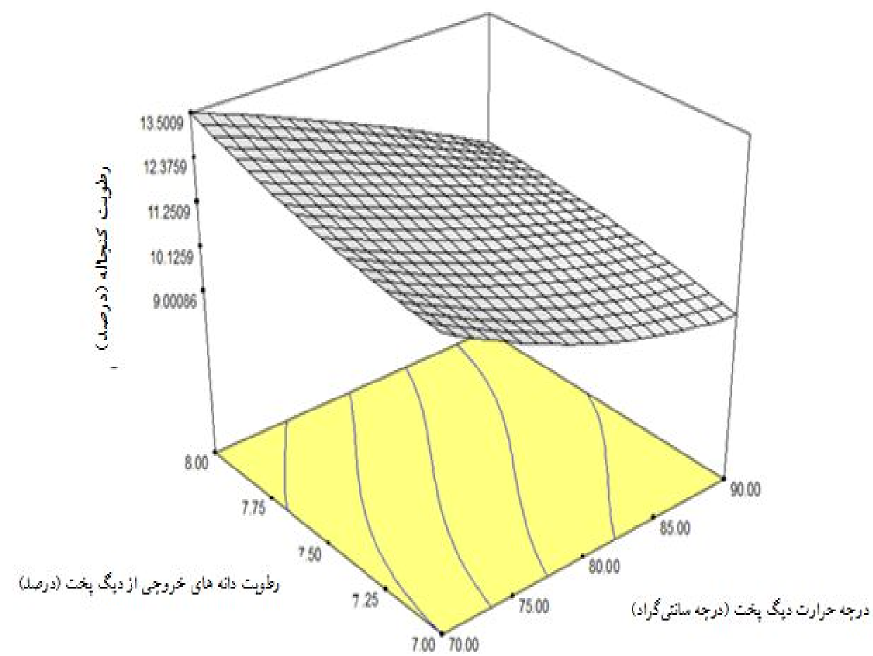
بررسی تغییرات رطوبت باقیمانده در کنجاله نشان داد که درجه حرارت دیگ پخت بیشترین اثرگذاری را بر میزان رطوبت کنجاله داشت و اثرگذاری آن از نوع منفی بود، بدین معنی که با افزایش درجه حرارت دیگ پخت، میزان رطوبت کنجاله نیز کاهش معنی‌داری داشت ($P<0.05$). با توجه به شکل ۵، با افزایش رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت از ۷ به ۸ درصد، رطوبت موجود در کنجاله به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. علت کاهش رطوبت دانه‌ها با افزایش درجه حرارت دیگ پخت را می‌توان به خروج بیشتر رطوبت در اثر افزایش دما نسبت داد. با توجه به اینکه برای رطوبت زدایی کنجاله به انرژی بیشتری در مراحل پایانی فرآیند نیاز است، کمترین میزان رطوبت کنجاله به اثر متقابل دمای ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت دانه‌های خروجی ۷ درصد مربوط بود. نتایج این بخش موید نتایج رستمی و همکاران در سال ۱۳۹۴ بود که بیان داشته بودند افزایش دما در طول مرحله پخت، منتج به کاهش میزان رطوبت کنجاله می‌شود.

اطلاعات موجود در جدول ۳ نشان می‌دهد که مدل‌های بدست آمده و برازش داده شده برای هرکدام از متغیرهای اندازه‌گیری شده در شرایط مورد مطالعه به صورت دقیقی و با صحت بسیار بالایی، قابلیت برازش داده‌های مطالعه را دارا بودند. ضریب تغییرات پایین و ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده بالا همه نشانه‌هایی از برازش مناسب اطلاعات مورد مطالعه به وسیله مدل‌های ارائه شده می‌باشند(جدول ۳).

بهینه‌سازی فرآیند روغن‌گیری

به‌منظور یافتن بهترین شرایط استخراج روغن، با توجه به درجه

حرارت دیگ پخت که در دامنه ۷۰ تا ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت که بین ۷ تا ۸ درصد تنظیم می‌گردید، فرآیند استخراج روغن در شرایط ذکر شده به منظور رسیدن به حداقل میزان اسیدیته و مواد ریز نامحلول در روغن و همچنین روغن باقیمانده در کنجاله و میزان پروتئین حداکثری کنجاله بهینه یابی گردید. نتایج نشان داد که به‌منظور رسیدن به اهداف ذکر شده اعمال شرایط دمایی در حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد دیگ پخت و با رطوبت ۷/۷۳ یا ۷/۶۵ درصدی دانه‌های خروجی دیگ منجر به رسیدن به اهداف مورد نظر خواهد شد (جدول ۴).



شکل ۵ - نمودار سه‌بعدی تغییرات میزان روغن کنجاله تحت تاثیر درجه حرارت پخت و میزان رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت

جدول ۳- مدل‌های برازش داده شده برای پارامترهای مورد اندازه‌گیری

ردیف	متغیر اندازه‌گیری شده	مدل بدست آمده	R^2	R^2-adj	ضریب تغییرات
۱	اسیدیته روغن (درصد اسید اولئیک)	$y= 2.06+0.45x_1+0.21x_2-+0.063x_1.x_2$	۰/۹۸۸	۰/۹۸۵	۲/۱۴
۲	مواد ریز نامحلول در روغن (٪)	$y= 3.05+0.98x_1-0.38x_2$	۰/۸۹	۰/۸۶	۹/۷۶
۳	پروتئین کنجاله (٪)	$y= 27.23-5.30x_1-1.67x_2-1.40x_1^2-0.30x_2^2$	۰/۹۸۹	۰/۹۸۲	۲/۰۲
۴	روغن کنجاله (٪)	$y= 0.86-0.16x_1-0.06x_2$	۰/۹۶۷	۰/۹۶	۲/۸۹
۵	رطوبت کنجاله (٪)	$y= 11.02-1.55x_1+0.73x_2$	۰/۹۷۴	۰/۹۷۰	۱/۹۴

جدول ٤- بهینه‌سازی استخراج در شرایط متفاوت عملیاتی فرآیند

ردیف	درجه حرارت دیگ پخت (°C)	رطوبت دانه‌های خروجی از دیگ پخت (٪)	اسیدیته روغن (٪)	مواد ریز نامحلول در روغن (٪)	پروتئین کنجاله (٪)	روغن کنجاله (٪)	رطوبت کنجاله (٪)
۱	۷۰	۷/۷۳	۱/۶۷	۱/۸۹	۳۰/۳	۰/۹۹	۱۲/۸۹
۲	۷۰	۷/۶۵	۱/۶۵	۱/۹۴	۳۰/۵	۰/۹۹	۱۲/۱۱۹

منابع

AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: *Association of Official Analytical Chemists*.

AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, *Champaign*, IL, 762p.

Bagheri, A. 2014. Effect of nitrogen fertilizer and spraying oil on the qualitative and quantitative characteristics of sunflower. Master thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, and University of Zabol. 85 p. (in Persian).

Bamgboye, A. and Adejumo, A. 2007. Development of a Sunflower Oil Expeller. Agricultural Engineering International: the *CIGR E* journal. Manuscript EE 06 015.Vol IX. September.

Boselli, E., Di Lecce, G., Strabbioli, R., Pieralisi, G. and Frega, N. 2009. Are virgin olive oils obtained below 27°C better than those product at higher temperatures? LWT- *Food Science and Technology*. 49(3): 748-757.

Ghavami, M. Gharachorloo, M. and Ezatpanah, H. 2003. Effect of frying on the oil quality properties used in the industry potato chips, *Journal of Agricultural and l Science*. 9(1): 1-15.

Ghodsvali, A., Haddad Khodaparast, M. H., Vosoughi, M. and Diosady, L. L. 2005. Preparation of canola protein materials using membrane technology and evaluation of meals functional properties. *Food Research International*. 38: 223-231.

Glaucia, S., Leila, M. and Miriam, D. 2012. Optimization of osmotic dehydration process of guavas by responsesurface methodology and desirability function, *International Journal of Food Science Technology*. 47: 132–140.

Grosch, W., Laskawy, G. and Senser, F. 1983. Storage stability of roasted hazelnuts.*CCB Review for Chocolate*, Confectionery and Bakery. 8: 21-23.

Gupta, R. K. and Prakash, S. 1992. The efect of seed moisture content on the physical properties of JSF-1 safflower. *Journal of Oilseeds Research*. 9: 209-216.

Kazi, B.R., Oad, F.C., Jamro, G.H., Jamali, L.A. and Oad, N.L. 2002. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. *Pakistan Journal of Applied Sciences*. 2 (5): 550-552.

Khajehpour, M. R. 2007. Production of industrial plants. Isfahan University of Jihad Publisher. 564 p. (in Persian).

Kurki, A. L., Bachmann, J. and Holly, H. 2008. Oilseed Processing for Small-Scale Producers. A Publication of *ATTRANational Sustainable Agriculture Information Service*. Pages: 1-800-346-9140.

Malek, F. 2001. Edible fats and vegetable oils.Farhang-o Ghalam Publication. Pp. 22-35. (in Persian)

Manivannan, P. and Rajasimman, M. 2008. Osmotic dehydration of beetroot in salt solution: optimization of parameters through ststistical experimental design. *Internatiol journal of chemistry and Biological Engeeniring*. 1:41-46.

Odabas, A.Z and Balaban, M.O. 2002. Supercritical CO2 extraction of sesame oil from raw seeds. *Journal of Food Science and Technology*. 39:496‑501.

Pan, X. J., Liu, H. Z., Jia, G. H. & Shu, Y.Y. 2000. Microwave-assisted extraction ofglycyrrhizic acid from licorice root. *Journal ofBiochemical Engineering*. 5: 173–177.

Prior, E.M., Vadke, V. S. and Sosulski F.W. 1991. Effect of heat treatment on canola press oils. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 68: 407-411.

Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M. and Bakhshabadi, H. 2014. Optimizing the extraction process of sesame seeds oil using response surface method on the industrial scale. *Industrial Crops and Products*. 58: 160‑165.

Rostami, M., Estaki, M., Godsevali, A.R., Bojmehrani, A. and Bakhshabadi, H. 2015. Effect of Cooking temperature on some of oil and defatted seed quality characteristics of Rapeseed. *Journal of Innovation in Science and Technology*. 7 (1): 87-94. (in Persian).

Savoire, R., Lanoiselle, J.L., Vorobiev, E., 2013. Mechanical continuous oil expression from oilseeds: a review. Food *Bioprocess Technol*. 6 (1): 1‑16.

Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N. and Bawa. S. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 7(1): 14-28.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 13, No. 1, Apr. May. 2017, p. 27- 37

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۶ ص.۳۷-۲۷

Optimizing the operating parameters of cooker during oil extraction and production of sunflower meal on an industrial scale

H. Bakhshabadi[1*], M. Rostami[2], M. Moghimi[3], A. Bojmehrani[2], A.B. Bahalkeh[4], N. Toorani[4]

Received: 2016.01.15
Accepted: 2016.06.05

Introduction: Using oilseeds in the human food stuffs, employing their meal for animal feed and also their usage in pharmaceuticals, soap making and fuel has prompted great interest for farmers to plant them and for the government to promote their cultivation. Among them, sunflower is one of the main oilseeds in the world which its cultivated area has expanded due to fair cultivation requirements, high yield of the oil, high nutritional value and also lack of anti nutritional factors. Sunflower (Helianthus annuus) is an annual plant belonging to Asteraceae family. This is a dicotyledonous, cross-pollinated monoecious plant that is fertilized by wind and insects. Sunflower seed oil has an excellent nutritional quality, as in recent years, cultivars with high oil (especially oleic acid) content have been substantially nurtured. The most different methods of extracting oil from oilseeds are the press and solvent methods. Similar to the other seeds with high oil content such as canola, the most effective way of extracting oil from sunflower is mechanical pressing followed by solvent extracting. In this method, the mechanical press extracts about 60 percent of the oil and the solvent method extracts the remaining oil. For the first time, the present study was aimed to improve temperature of cooker and moisture of output seeds for producing sunflower oil with lowest degree of insoluble fine partial in oil, moisture and acidity and meal with lowest levels of moisture and oil.

Materials and Methods: Sunflower seeds used in this research were supplied from one of Iran's provinces and were transferred to the company of Khorasan cotton and oilseeds to produce oil and meal. After receiving the sunflower seeds in the factory, they were entered into silos in dark and ambient temperature; impurities such as dust, sands, stones, spoiled seeds, small weed seeds and other extraneous materials were separated by mechanical sieves. After cleaning, the seeds were entered into the cracker and they were broken into smaller particles and then were moved into the cooker; at this stage, the temperature of cooker and moisture content of the exiting seeds were set to 70, 80 and 900 C, and 7, 7.5 and 8%, respectively. Then, conditioned seeds were entered into the Buhler flicker device for flaking. Afterwards, the flakes were moved into the Desmet extractor (heating condition of 500C for 7 hours) to extract the oil from the seeds by hexane solvent. Then, the tests were performed on the oil and meal. Severalphysic-chemical properties of sunflower oil including insoluble fine partial, acidity values as well as moisture, protein and oil contents of the obtained meals were determined. Statistical analysis and process optimization were carried out using response surface methodology (RSM).

Results and discussion: The achieved results expressed that with an increase in cooking temperature, insoluble fine partial and oil acidity values of the extracted oil were boosted while moisture content of oil and meal values alongside oil content of the obtained meal showed reduction. With increasing of the moisture content of cooker's seeds, the insoluble fine partial value of the extracted oil was reduced while oil acidity value was increased. Increasing the moisture of cooker'sseeds led to the oil reduction in the meal. The highest oil content in the meal was achieved in the condition that the cooker temperature was 70oC and the moisture of output seeds from the cooker was 7%. The analysis of resulted data showed that two parameters of the cooker's temperature and cooker's seeds moisture content had significant effects on the moisture content of the meal. Increasing the cooker temperature from 70 to 90oC caused a decrease in the meal moisture. As result shown, increasing the moisture content of output seeds from the cooker increased the moisture content of the meal. Increasing the cooker temperature from 70 to 90oC reduced the protein amount of the meals. Results of different

1- Ph.D. Student of Food Materials and Processing Design Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
2- Member of the Board of khorasan cotton and oil seeds company.
3- Department of Chemistry, Gonbad Kavoos Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoos,Iran
4- Young Researchers and Elites Club, Gonbad Kavoos Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoos, Iran.
(*Corresponding Author Email: h.bakhshabadi@yahoo.com)

studies showed that increasing the temperature will decrease the protein amount of the meals. Increasing the moisture was also resulted in the decrease of residual protein in the meal. The obtained results of the optimization procedure revealed that the application of the cooking temperature of 70 °C and moisture content of the output seeds equal 7.73 and 7.65 % led to achieving products with the least values of acidity and insoluble fine partial in the obtained oil as well as meals with the minimum remaining oil.

Key words: Cooker, Industrial scale, Operating parameters, Optimization, Sunflower oil